



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Martin Lond

**AUTOMATISEERITUD ETTEHAKKEGA KETTSAERAAMI
ESKIISPROJEKT**

DESIGN OF CHAINSAW MILL WITH AUTOMATIC FEEDER

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: dotsent Alexander Liyvapuu, *PhD*

Tartu 2018

LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Martin Lond		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Automatiseeritud ettenihkega kettsaeraami eskiisprojekt			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 19	Tabeleid: 1	Lisasid: 1
<p>Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool</p> <p>ETIS teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika</p> <p>ETIS teaduseriala: 4.14. Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>CERCS teaduseriala: T130 Tootmistehnoloogia</p> <p>Juhendaja: Alexander Liyvapuu, PhD</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Eesti Maaülikool</p> <p>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, 2018</p>			
<p>Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on koostada automaatse ettenihkega kettsaeraami eskiisprojekt. Projekteeritaval saeraamil on jaekaubanduses müüdavatest kettsaeraamidest suurem keti joonkiirus, mis suurendab saeraami jõudlust ja saeketi õlitus juhtplaadi mõlemas otsas, et tagada keti piisav määrimine kaitsmaks ketti, juhtplaati ja veotähikut kulumise eest. Saeraami projekteerimisel kasutatakse standartooteid, lehtmetailist lõigatud ja painutatud tooteid.</p> <p>Töö käigus teostati puidu lõikamise katse ristikiudu ja pikikiudu, et teha kindlaks ettenihke kiiruse erinevus sõltuvalt puidu kiudude suunast. Katsest järeldus, et pikikiudu lõigates kulus sama ristlõikega katsekeha lõikamiseks 1,5 korda rohkem aega, kui ristikiudu lõikamisel. Antud katse aitas välja selgitada saeraami ettenihke kiirust erinevate mootori võimsuste ja puidu laiuste korral, et määrata ettenihke mootori töötamise sagedus vajaliku ettenihke saavutamiseks.</p>			
Märksõnad: kettsaeraam, keti joonkiirus, automaatne ettenihe			

ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor’s Thesis	
Author: Martin Lond		Curriculum: Technics and Technology	
Title: Design of chainsaw mill with automatic feeder			
Pages: 41	Figures: 19	Tables: 1	Appendixes: 1
<p>Chair: Biosystems Engineering</p> <p>ETIS category: 4. Natural Sciences and Engineering</p> <p>ETIS speciality: 4.14. Industrial Engineering and Managment</p> <p>CERCS speciality: T130 Production technology</p> <p>Supervisors: Alexander Liyvapuu, PhD</p> <p>Place and date: Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, 2018</p>			
<p>The aim of this bachelor thesis is to make design of chainsaw mill with automatic feeder. The projected sawmill has higher chain velocity than in retail sale products, which increases productivity and chainsaw chain has also lubrication in both ends of guide boards to provide sufficient chains oiling. That protects chain, guide board and drive-sprocket from premature wearing. Design of this chainsaw mill will use standard, cut sheet metal and bent products.</p> <p>Experiment was made cutting along the wood grain and crosswise during this work to determine feed velocity dependence on wood grain direction. Conclusion was made that cutting along the wood grain the same cross section took 1,5 times longer than cutting the same cross section crosswise. Given experiment helped to figure out chainsaw feed velocity dependence on different engine power and different wood widths to determine optimal feed velocity motor working frequency.</p>			
Keywords: chainsaw mill, chain velocity, automatic feed			

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	2
ABSTRACT	3
SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	6
1. KETSAERAAMID EESTIS.....	7
2. PIKIKIUDU JA RISTIKIUDU LÕIKAMISE KATSE	9
2.1 Katse eesmärk	9
2.2 Kasutatavad vahendid	9
2.3 Katse teostus	9
2.4 Katse tulemused	11
3. TEHNILINE OSA.....	12
3.1 Saeraami parameetrite valik	12
3.2 Mootori valik	12
3.3 Rihmülekande arvutus	13
3.4 Ettenihke kiiruse arvutamine	22
3.5 Arvutused ettenihke mehhanismi konstrueerimiseks	25
3.6 Sagedusmuunduri töösageduse määramine.....	26
3.7 Sagedusmuunduri valik	27
3.8 Saeraami konstruktsioon.....	28
4. TEHNILISED LAHENDUSED JA OHUTUS	29
4.1 Saepea tõstmine ja langetamine.....	29
4.2 Ettenihe	30
4.3 Juhtplaadi tugi	30
4.4 Keti õlitus.....	31
4.5 Saeraami ohutus.....	32
4.6 Saeraami ergonoomilisus.	32

KOKKUVÕTE	33
SUMMARY	34
KASUTATUD KIRJANDUS.....	35
LISAD	37
Lisa 1. Tehnilised joonised.....	38

SISSEJUHATUS

Antud lõputöö on koostatud bakalaureusetööna tootmistehnika erialal. Bakalaureuse töö eesmärgiks on automaatse ettenihkega kettsaeraami eskiisprojekti koostamine. Töö käigus antakse ülevaade saeraami projekteerimisel kasutatavast komponentidest ja nende parameetritest saeraami töötamise tagamiseks.

Eesmärgi täitmiseks püstitati järgnevad ülesanded:

- 1) Eestis müüdavate kettsaeraamidega tutvumine.
- 2) Saeraami lõikamist mõjutavate parameetrite uurimine.
- 3) Turul müüdavate mootorsaagide tehniliste näitajate uurimine.

Töös uuritakse saeraami saeketi joonkiiruse suurendamise võimalust võrreldes jaekaubanduses müüdavate kettsaeraamidega. Uuritakse ülekande projekteerimise võimalikkust suurendatud saeketi joonkiirusega saeraamile.

Töö käigus teostatakse puidu piki- ja ristikiudu lõikamise katse ettenihke erinevuse määramiseks sõltuvalt lõikamise suunast. Katse peaks aitama täpsemini määrata saeraami ettenihke kiirust.

Lõputöö põhilised ülesanded on:

- 1) Vankri konstrueerimine koos saepea ja tõstemehhanismiga.
- 2) Ettenihke konstrueerimine.

Töö koosneb Neljast põhijaotisest. Esimeses jaotises antakse ülevaade Eestis müüdavatest kettsaeraamidest. Teises jaotises kirjeldatakse tehtud katset ja antakse ülevaade saadud tulemusest. Kolmandas jaotises koostatakse saeraami tehnilised arvutused projekteeritava saeraami komponentide parameetrite määramiseks. Neljandas osas antakse ülevaade projekteeritava saeraami tehnilistest lahendustest.

1. KET TSAERAAMID EESTIS

Eestis on hetkel müügil kahe erineva tootja kettsaeraamid. Esimene on venemaal toodetud Minisaeraam ПИИР-5.5. Saeraam on kujutatud joonisel 1.1.

- Saeraamil on 5,5 kW võimsusega mootor.
- Lõigatava palgi maksimaalne pikkus on 6,5 meetrit.
- Maksimaalne lõigatava palgi läbimõõt on 0,55 meetrit.
- Maksimaalne ettenihke kiirus on 18,8 mm/s.
- Saeraami kaal on 165 kg.

[1]

Teine on Logosoli toodetud elektriline kettsaag E5 või E8. Raam M8 või F2 antud kettsaele on müügil eraldi. Kettsaag koos raamiga M8 on kujutatud joonisel 1.2, koos raamiga F2 on kujutatud joonisel 1.3.

- Saeraami M8 standardpikkus on 5,1 meetrit, F2 standardpikkus on 4 meetrit.
- Elektriline kettsaag E5 on 4,5 kW mootori võimsusega ja E8 on 8 kW mootori võimsusega.
- Maksimaalne lõigatava palgi läbimõõt on 0,9 meetrit.
- Saeketi joonkiirus on 22,5 m/s.

[2]



Joonis 1.1 Minisaeraam ПИИР-5.5. [1]



Joonis 1.2 Logosoli kettsaag E8 koos raamiga M8. [2]



Joonis 1.3 Logosoli kettsaag E8 koos raamiga F2 (6 m).[2]

Venemaal toodetud saeraami põhiliseks miinuseks on toestamata juhtplaadi ots, mis mõjutab lõikamise kvaliteeti ja täpsust.

Logosoli saeraami põhiliseks miinuseks on raami kõrgus ja asjaolu, et lõikepea tõstmise asemel tuleb tõsta lõigatavat palki.

2. PIKIKIUDU JA RISTIKIUDU LÕIKAMISE KATSE

2.1 Katse eesmärk

Kõik, kes on mootorsaega puid lõiganud, on arvatavasti märganud, et pikikiudu lõikamisel liigub saag aeglasemalt puidus edasi kui ristikiudu lõikamisel. Teostatava katse eesmärk on määrata ettenihke erinevus puidu ristikiudu ja pikikiudu lõikamisel. Autor otsustas antud katse teostada, kuna kirjandust antud teema kohta leida ei õnnestunud. Katse aitab täpsemini määrata saeraami ettenihke kiirust.

2.2 Kasutatavad vahendid

Katse läbiviimiseks kasutasin järgmiseid vahendeid.

- Mootorsaag Husqvarna 357 XP. 4.3 kW.
- Ristipuu saekett 3/8", 1,3 mm laiuse veohambaga 15" pikkusega juhtplaadile.
- Pikipuu saekett 3/8", 1,3 mm laiuse veohambaga 20" pikkusega juhtplaadile.
- Juhtplaat 20", 1,3 mm laiuse soonega.
- Juhtplaat 15", 1,3 mm laiuse soonega.
- Stopper aja mõõtmiseks.

2.3 Katse teostus

Katse läbiviimiseks tuli valmistada kaks katsekeha, mis on kujutatud joonisel 2.1 ja 2.2 . Katsekeha lõigatav ristlõige on 30 cm lai ja 30 cm kõrge.

Katse käigus tehti mõlemasse katsekehasse 3 sisselõiget. Esimese katsekeha puhul kasutati ristipuu saeketti ja teise katsekeha lõikamisel kasutati pikipuu saeketti. Katse käigus mõõdeti

aega, mis kulus saeketil antud katsekeha ristlõike läbimiseks. Katsekehad peale lõikamist on kujutatud joonisel 2.3.



Joonis 2.1 Katsekehad külgvaates.



Joonis 2.2 Katsekehad pealtvaates.



Joonis 2.3 Katsekehad peale katse läbiviimist.

2.4 Katse tulemused

Katse tulemused on kujutatud tabelis 2.1.

	Pikipuu saekett	Ristipuu saekett
1. löige	35,4 s	24 s
2. löige	35,6 s	24,6 s
3. löige	34,3 s	24,3 s
Keskmine aeg	35,1 s	24,3 s

Tabel 2.1 Pikipuu ja ristipuu saeketiga katsekeha lõikamiseks kulunud aeg.

Pikipuu ja ristipuu saeketi ajaline erinevus on määratav valemiga 2.1.

$$t = \frac{t_{pikipuu}}{t_{ristipuu}} = \frac{35,1}{24,3} = 1,44 \approx 1,5 \text{ korda} \quad (2.1)$$

Katsest selgus, et puidu pikikiudu lõikamisel pikipuu ketiga kulus 1,5 korda rohkem aega kui puidu lõikamisel ristikiudu ristipuu ketiga. Ajaline erinevus on tingitud puidu vastupanu võimest lõiketera tahule, mis pikikiudu on suurem kui ristikiudu.

3.TEHNILINE OSA

3.1 Saeraami parameetrite valik

Projekteeritava kettsaeraami laiuseks on valitud 1,2 meetrit, mis tagab võimaluse saeraamile paigaldada 90 cm pikkuse juhtplaadi. Juhtplaat, mis on 90 cm pikkune, on pikim juhtplaat, millel on 1,3 mm laiune soon keti veohammaste jaoks. Pikipuu kett, mille veohammaste laius on 1,3 mm, on oma kasutuse poolest kõige levinum, kuna keti lõikelaius on maksimaalselt 6 mm, mis tagab keti madalama lõikejõu laiemate kettidega võrreldes ja palgist on võimalik lõigata rohkem materjali, kuna vähem palki lõigatakse saepuruks.

Saeraami standardpikkuseks on valitud 7,2 meetrit, mille korral on pikimaks lõigatava palgi pikkuseks 6,5 meetrit.

Saeraami keti maksimaalseks joonkiiruseks valin 29,3 m/s. Antud kiiruse valikul lähtusin mootorsae HUSQVARNA 572 XP® tehnilistest näitajatest.[3]

Saeraami eestvaate ja külgvaate plaan on nähtav lisas 1.

3.2 Mootori valik

Tüüpilised mootori võimsused saeraamidel jäävad vahemikku 4 – 11 kW. Arvestades plaanitavat keti joonkiirust, oleks mõistlik valida 3000 pöördelised mootorid. Uurides erinevate firmade mootoreid, otsustas autor valida Elektrimootorid OÜ poolt pakutavad mootorid, mille parameetrid on joonisel 3.1.

Tehnilised andmed

Sünkroon mootorid 3000 pööret 2 pooli

TYPE	Power		M _N	n	IE1 efficiency class EN 60034-2-1	I _N 400 V	I _A /I _N	Cos φ	M _A /M _N	M _A /M _N	J	Noise level dB(A)	m
	kW	CV	N.m	rpm	100%	A					Kgm ²		Kg
IE1-MS 132 S1-2	5.5	7.5	18.11	2900	85.7	10.5	7.5	0.88	2	2.2	0.00744	80	38.4
IE1-MS 132 S2-2	7.5	10	24.53	2920	87	14.1	7.5	0.88	2	2.2	0.00910	80	41.3
• MS 132 M1-2	9.2	12.5	29.99	2930	88	17.3	7.5	0.89	2	2.2	0.01072	81	48.2
• MS 132 M2-2	11	15	35.85	2930	88.4	20	7.5	0.90	2	2.2	0.01146	83	52.5

Joonis 3.1 Saeraamil kasutatavate mootorite parameetrid. [10]

Autor otsustas jätta saeraami ostjale valiku 4 erineva mootori võimsuse vahel. Kuna antud mootorite laius on sama, erineb ainult pikkus, siis erineva võimsusega mootorite paigaldamisel ei ole vaja muuta saeraami konstruktsiooni.

3.3 Rihmülekande arvutus

Rihmülekande arvutamisel põhiliseks eesmärgiks on teada saada vajaminevate rihmade arv ja rihmarataste suurus. Rihmarattad on mõistlik valida võimalikult suured, et suureneks rihmade tööiga. Saeraami projekteerimisel kasutan malmist rihmarattaid, mille maksimaalseks lubatud joonkiiruseks on 30 m/s. Rihmaratta suurima kiiruse võtan ka aluseks rihmarataste suuruse arvutamisel.

Leian vedava rihmaratta ehk suurema rihmaratta läbimõõdu kasutades valemit 3.1. [4]

$$V_p = \frac{\pi \cdot P \cdot rpm}{60 \cdot 1000} \rightarrow P \leq \frac{V_p \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot rpm} \leq \frac{30 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot 2930} \leq 195,55 \text{ mm}, \quad (3.1)$$

kus	V_p	–	rihmaratta joonkiirus m/s;
	P	–	rihmaratta läbimõõt mm;
	rpm	–	rihmaratta pöörete arv;

Lähtudes rihmarataste standardmõõtudest, valin rihmaratta läbimõõduks 190 mm. Järgnevates valemities kasutan saadud rihmaratta läbimõõduna tähist D. [5]

Väiksema rihmaratta läbimõõdu leidmisel lähtun asjaolust, et keti joonkiirus, mida saavutada tahan oleks väiksem või võrdne kiirusega 29,3 m/s. Antud kiiruse valisin kuna see on suurim mootorsae poolt arendatav keti joonkiirus mootorsael, mille juhtplaadil on 1.3 mm laiune veohamba soon. [3]

Leian väiksema ehk veetava rihmaratta läbimõõdu, kasutades valemeid 3.2 ja 3.3 ning kombineerides need valemiks 3.4. [4]

$$I_r = \frac{D}{d}, \quad (3.2)$$

kus	I_r	–	ülekanne arv
	D	–	suurema rihmaratta läbimõõt mm;
	d	–	väiksema rihmaratta läbimõõt mm.

$$V_c = \frac{1000 \cdot P \cdot n \cdot \omega}{\pi}, \quad (3.3)$$

kus	V_c	–	keti joonkiirus m/s;
	P	–	saketki samm mm;
	n	–	veotähiku hammaste arv;
	ω	–	mootori pöörlemiskiirus rad/s.

$$V_c = \frac{1000 \cdot P \cdot n \cdot I_r \cdot \omega}{\pi} \rightarrow V_c = \frac{1000 \cdot P \cdot n \cdot \frac{D}{d} \cdot \omega}{\pi} \rightarrow d \geq \frac{D \cdot P \cdot n \cdot \omega}{V_c \cdot 1000 \cdot \pi} \geq$$

$$\geq \frac{190 \cdot 9,525 \cdot 12 \cdot 306,83}{29,3 \cdot 1000 \cdot \pi} \geq 72,39 \text{ mm} \quad (3.4)$$

Lähtudes rihmarataste standardmõõtudest, valin väiksema rihmaratta läbimõõduks 75 mm. [5]

Leian saeketi uue joonkiiruse kasutades valitud rihmarataste läbimõõde. Joonkiiruse leidmiseks kasutan valemit 3.4. [7]

$$V_c = \frac{\frac{P \cdot n \cdot \omega \cdot \frac{D}{d}}{\pi}}{1000} = \frac{\frac{9,525 \cdot 12 \cdot 306,83 \cdot \frac{190}{75}}{\pi}}{1000} = 28,28 \frac{m}{s}$$

Lõplikuks saeketi joonkiiruseks sain 28,28 m/s.

Leian rihmülekande ülekande suhte kasutades valemit (3.2). [4]

$$I_r = \frac{D}{d} = \frac{190}{75} = 2,53$$

Määran rihmülekande koormusteguri C_2 kasutades tabelleid joonisel 3.2 ja valemit 3.5. [4]

$$C_2 = 1,2 \cdot 1,18 = 1,4 \quad (3.5)$$

Table 1	
Speed increase ratio	
For speed increasing drives of	
Speed ratio 1,00–1,24 multiply service factor by 1,00	
Speed ratio 1,25–1,74 multiply service factor by 1,05	
Speed ratio 1,75–2,49 multiply service factor by 1,11	
Speed ratio 2,50–3,49 multiply service factor by 1,18	
Speed ratio 3,50 and over multiply service factor by 1,25	

Table 2	
Types of prime mover	
Soft starts Electric motors:	Heavy starts Electric motors:
AC – Star delta start	AC – Direct-on-line start
DC – Shunt wound	DC – Series and compound wound
Internal combustion engines with 4 or more cylinders	Internal combustion engines with less than 4 cylinders.
Prime movers fitted with centrifugal clutches, dry or fluid couplings or electronic soft start devices	Prime movers not fitted with soft start devices

Table 3							
Types of driven machinery		Soft starts			Heavy starts		
		Duty time h/day 10 and under	Over 10 to 16	Over 16	Duty time h/day 10 and under	Over 10 to 16	Over 16
Class 1 Light duty	Blowers, exhausters and fans (up to 7,5 kW), centrifugal compressors and pumps. Belt conveyors (uniformly loaded).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Class 2 Medium duty	Agitators (uniform density), blowers, exhausters and fans (over 7,5 kW). Rotary compressors and pumps (other than centrifugal). Belt conveyors (not uniformly loaded), generators and exciters, laundry machinery, lineshafts, machine tools, printing machinery, sawmill and woodworking machinery, screens (rotary).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Class 3 Heavy duty	Agitators and mixers (variable density), brick machinery, bucket elevators, compressors and pumps (reciprocating), conveyors (heavy duty). Hoists, mills (hammer), pulverisers, punches, presses, shears, quarry plant, rubber machinery, screens (vibrating), textile machinery.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Class 4 Extra heavy duty	Crushers (gyratory-jaw roll), mills (ball-rod-tube).	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Joonis 3.2 Tabelid mootori koormusteguri määramiseks sõltuvalt ülekande suhtest ja mootori tööajast. [4]

Leian mootori koormusest tuleneva võimsuse kasutades valemit 3.6. [4]

$$P_d = P_r \cdot C_2 = 11 \cdot 1,42 = 15,62 \text{ kW}, \quad (3.6)$$

kus P_r – mootori nimivõimsus
 C_2 – koormustegur

Leian rihmarataste minimaalse telgede vahe kasutades valemit 3.7. [4]

$$CCp_{min} = 0,7 \cdot (D + d) = 0,7 \cdot (190 + 75) = 186 \text{ mm} \quad (3.7)$$

Leian rihmarataste maksimaalse telgede vahe kasutades valemit 3.8. [4]

$$CCp_{max} = 2 \cdot (D + d) = 2 \cdot (190 + 75) = 530 \text{ mm} \quad (3.8)$$

Lähtudes mootori ülekantavast võimsusest ja väiksema rihmaratta kiirusest, otsustas autor kasutada ülekandes XPZ kiilrihmu. XPZ kiilrihmal oli antud rihmaratta pöörete juures kõige suurem rihma ülekantav võimsus, mis võimaldab vähendada ülekandes kasutatavate rihmade arvu.

Leian rihma pikkuse minimaalse telgede vahe korral kasutades valemit 3.9. [4]

$$\begin{aligned} L_d &\geq 2 \cdot CCp_{min} + 1,57 \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot CCp_{min}} \geq \\ &\geq 2 \cdot 186 + 1,57 \cdot (190 + 75) + \frac{(190 - 75)^2}{4 \cdot 186} \geq 805 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Valin SKF rihmakataloogist lähima standardpikkusega rihma, milleks on 812 mm.

Leian rihmarataste telgede vahe standardpikkusega rihma korral kasutades valemit 3.10. [4]

$$\begin{aligned} CC &= \frac{2 \cdot L_d - \pi \cdot (D - d) + \sqrt{(2 \cdot L_d - \pi \cdot (D - d))^2 - 8 \cdot (D - d)^2}}{8} = \\ &= \frac{2 \cdot 812 - \pi \cdot (190 - 75) + \sqrt{(2 \cdot 812 - \pi \cdot (190 - 75))^2 - 8 \cdot (190 - 75)^2}}{8} = \\ &= 310 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Määran rihma tavalise nominaalvõimsuse kasutades tabelit joonisel 3.3 ja valemit 3.11. [4]

$$P_b = 6,15 + 0,90 = 7,05 \text{ kW} \quad (3.11)$$

Power ratings
Section XPZ/3VX

Table 9o

Faster shaft speed	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]												Additional power per belt for speed ratio			
	67	71	75	80	85	90	95	100	112	125	132	140	1,00 to 1,05	1,06 to 1,24	1,25 to 1,59	> 1,59
	r/min	kW												kW		
100	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.29	0.34	0.36	0.39	–	0.01	0.01	0.01
500	0.58	0.64	0.70	0.78	0.86	0.94	1.02	1.09	1.28	1.47	1.58	1.70	0.01	0.03	0.05	0.06
720	0.80	0.88	0.97	1.08	1.19	1.30	1.41	1.52	1.78	2.05	2.20	2.37	0.01	0.04	0.07	0.09
800	0.87	0.97	1.07	1.19	1.31	1.43	1.55	1.67	1.95	2.26	2.42	2.61	0.01	0.05	0.08	0.10
900	0.97	1.07	1.18	1.32	1.45	1.59	1.72	1.85	2.17	2.51	2.69	2.90	0.01	0.05	0.09	0.11
960	1.02	1.14	1.25	1.40	1.54	1.68	1.82	1.96	2.30	2.66	2.85	3.07	0.01	0.06	0.10	0.11
1000	1.06	1.18	1.30	1.45	1.60	1.74	1.89	2.04	2.39	2.76	2.96	3.19	0.01	0.06	0.10	0.12
1100	1.15	1.28	1.41	1.57	1.74	1.90	2.06	2.22	2.60	3.01	3.22	3.47	0.01	0.07	0.11	0.13
1200	1.24	1.38	1.52	1.70	1.87	2.05	2.22	2.39	2.81	3.25	3.48	3.75	0.02	0.07	0.12	0.14
1300	1.33	1.48	1.63	1.82	2.01	2.20	2.38	2.57	3.01	3.49	3.74	4.03	0.02	0.08	0.13	0.15
1400	1.41	1.58	1.74	1.94	2.14	2.35	2.55	2.74	3.22	3.72	3.99	4.30	0.02	0.08	0.14	0.17
1440	1.45	1.62	1.78	1.99	2.20	2.40	2.61	2.81	3.30	3.82	4.09	4.41	0.02	0.09	0.14	0.17
1500	1.50	1.67	1.85	2.06	2.28	2.49	2.70	2.92	3.42	3.96	4.24	4.57	0.02	0.09	0.15	0.18
1600	1.58	1.77	1.95	2.18	2.41	2.64	2.86	3.09	3.62	4.19	4.49	4.83	0.02	0.10	0.16	0.19
1700	1.67	1.86	2.06	2.30	2.54	2.78	3.02	3.25	3.81	4.41	4.73	5.10	0.02	0.10	0.17	0.20
1800	1.75	1.95	2.16	2.42	2.67	2.92	3.17	3.42	4.01	4.64	4.97	5.35	0.02	0.11	0.18	0.21
1900	1.83	2.05	2.26	2.53	2.80	3.06	3.32	3.58	4.20	4.86	5.21	5.61	0.03	0.11	0.19	0.23
2000	1.91	2.14	2.36	2.64	2.92	3.20	3.47	3.74	4.39	5.08	5.45	5.86	0.03	0.12	0.20	0.24
2100	1.99	2.23	2.46	2.75	3.05	3.33	3.62	3.90	4.58	5.30	5.68	6.11	0.03	0.13	0.21	0.25
2200	2.07	2.32	2.56	2.87	3.17	3.47	3.77	4.06	4.76	5.51	5.90	6.35	0.03	0.13	0.22	0.26
2300	2.15	2.40	2.66	2.98	3.29	3.60	3.91	4.22	4.95	5.72	6.13	6.59	0.03	0.14	0.23	0.27
2400	2.22	2.49	2.75	3.08	3.41	3.73	4.05	4.37	5.13	5.92	6.35	6.82	0.03	0.14	0.24	0.29
2500	2.30	2.58	2.85	3.19	3.53	3.86	4.20	4.53	5.30	6.13	6.56	7.05	0.03	0.15	0.25	0.30
2600	2.37	2.66	2.94	3.30	3.65	3.99	4.34	4.68	5.48	6.33	6.78	7.28	0.03	0.16	0.26	0.31
2700	2.45	2.74	3.04	3.40	3.76	4.12	4.47	4.82	5.65	6.53	6.99	7.50	0.04	0.16	0.27	0.32
2800	2.52	2.83	3.13	3.50	3.88	4.25	4.61	4.97	5.82	6.72	7.19	7.72	0.04	0.17	0.28	0.33
2880	2.58	2.89	3.20	3.59	3.97	4.34	4.72	5.09	5.96	6.87	7.35	7.89	0.04	0.17	0.29	0.34
2900	2.59	2.91	3.22	3.61	3.99	4.37	4.74	5.12	5.99	6.91	7.39	7.94	0.04	0.17	0.29	0.34
3000	2.66	2.99	3.31	3.71	4.10	4.49	4.88	5.26	6.16	7.10	7.59	8.15	0.04	0.18	0.30	0.36
3100	2.73	3.07	3.40	3.81	4.21	4.61	5.01	5.40	6.32	7.28	7.79	8.35	0.04	0.18	0.31	0.37
3200	2.80	3.15	3.49	3.91	4.32	4.73	5.14	5.54	6.48	7.46	7.98	8.55	0.04	0.19	0.32	0.38
3300	2.87	3.22	3.57	4.00	4.43	4.85	5.26	5.67	6.64	7.64	8.16	8.75	0.04	0.20	0.33	0.39
3400	2.94	3.30	3.66	4.10	4.54	4.97	5.39	5.81	6.79	7.81	8.35	8.94	0.05	0.20	0.34	0.40
3500	3.01	3.38	3.74	4.19	4.64	5.08	5.51	5.94	6.94	7.98	8.53	9.13	0.05	0.21	0.35	0.42
3600	3.07	3.45	3.83	4.29	4.74	5.19	5.64	6.07	7.09	8.15	8.70	9.31	0.05	0.21	0.36	0.43
3700	3.14	3.53	3.91	4.38	4.85	5.30	5.76	6.20	7.24	8.31	8.87	9.48	0.05	0.22	0.37	0.44
3800	3.20	3.60	3.99	4.47	4.95	5.41	5.87	6.33	7.38	8.47	9.03	9.66	0.05	0.23	0.38	0.45
3900	3.27	3.67	4.07	4.56	5.05	5.52	5.99	6.45	7.52	8.63	9.20	9.82	0.05	0.23	0.39	0.46
4000	3.33	3.74	4.15	4.65	5.14	5.63	6.10	6.57	7.66	8.78	9.35	9.98	0.05	0.24	0.40	0.48
4200	3.45	3.88	4.30	4.82	5.33	5.84	6.33	6.81	7.93	9.07	9.65	10.29	0.06	0.25	0.42	0.50
4400	3.57	4.02	4.45	4.99	5.52	6.04	6.54	7.04	8.18	9.34	9.93	10.57	0.06	0.26	0.44	0.52
4600	3.69	4.15	4.60	5.15	5.70	6.23	6.75	7.26	8.42	9.60	10.19	10.83	0.06	0.27	0.46	0.55
4800	3.80	4.27	4.74	5.31	5.87	6.41	6.95	7.46	8.65	9.84	10.43	11.07	0.06	0.29	0.48	0.57
5000	3.91	4.40	4.88	5.46	6.03	6.59	7.13	7.66	8.87	10.06	10.65	11.28	0.07	0.30	0.50	0.59
5200	4.01	4.51	5.01	5.61	6.19	6.76	7.31	7.85	9.07	10.26	10.85	11.46	0.07	0.31	0.52	0.62
5400	4.12	4.63	5.13	5.75	6.34	6.92	7.49	8.03	9.25	10.44	11.02	11.62	0.07	0.32	0.54	0.64
5600	4.21	4.74	5.25	5.88	6.49	7.08	7.65	8.20	9.43	10.61	11.17	11.75	0.07	0.33	0.56	0.67
5800	4.31	4.84	5.37	6.01	6.63	7.22	7.80	8.35	9.58	10.75	11.30	11.86	0.08	0.35	0.58	0.69
6000	4.40	4.94	5.48	6.13	6.75	7.36	7.94	8.50	9.72	10.87	11.40	–	0.08	0.36	0.60	0.71
6200	4.48	5.04	5.58	6.24	6.88	7.49	8.07	8.63	9.85	10.97	–	–	0.08	0.37	0.62	0.74
6400	4.56	5.13	5.68	6.35	6.99	7.61	8.19	8.75	9.96	11.04	–	–	0.09	0.38	0.64	0.76
6600	4.64	5.21	5.78	6.45	7.10	7.72	8.30	8.86	10.05	–	–	–	0.09	0.39	0.66	0.78
6800	4.71	5.30	5.86	6.55	7.20	7.82	8.40	8.95	10.12	–	–	–	0.09	0.41	0.68	0.81
7000	4.78	5.37	5.94	6.63	7.29	7.91	8.49	9.04	10.18	–	–	–	0.09	0.42	0.70	0.83
7200	4.84	5.44	6.02	6.71	7.37	7.99	8.57	9.10	10.22	–	–	–	0.10	0.43	0.72	0.86
7400	4.90	5.51	6.09	6.79	7.44	8.06	8.63	9.16	–	–	–	–	0.10	0.44	0.74	0.88
7600	4.95	5.57	6.15	6.85	7.51	8.12	8.68	9.20	–	–	–	–	0.10	0.45	0.76	0.90

Joonis 3.3 Tabelis on antud rihma lubatud võimsused sõltuvalt väikseima rihmaratta läbimõõdust ja kiiruses ning täiendav võimsus sõltuvalt ülekande arvust. [4]

Leian rihma ülekantava võimsuse, kasutades tabelleid joonisel 3.4 ja valemit 3.12. [4]

$$P_r = P_b \cdot C_3 \cdot C_1 = 7,05 \cdot 0,94 \cdot 0,88 = 5,83 \text{ kW}, \quad (3.12)$$

- kus P_r – rihma ülekantav võimsus kW;
 P_b – rihma nominaalvõimsus kW;
 C_1 – rihma ülekantava võimsuse parandustegur sõltuvalt rihma pikkusest;
 C_3 – rihma ülekantava võimsuse parandustegur sõltuvalt rihma haardenurgast.

Correction factors

$\frac{D-d}{CC} \cdot \alpha$	Arc of contact on small pulley	Arc of contact correction factor C_3
mm	deg.	-
0,00	180	1,00
0,05	177	0,99
0,10	174	0,99
0,15	171	0,98
0,20	169	0,97
0,25	166	0,97
0,30	163	0,96
0,35	160	0,95
0,40	157	0,94
0,45	154	0,93
0,50	151	0,93
0,55	148	0,92
0,60	145	0,91
0,65	142	0,90
0,70	139	0,89
0,75	136	0,88
0,80	133	0,87
0,85	130	0,86
0,90	127	0,85
0,95	123	0,83
1,00	120	0,82
1,05	117	0,81
1,10	113	0,80
1,15	100	0,78
1,20	107	0,77
1,25	104	0,75
1,30	101	0,73
1,35	97	0,72
1,40	93	0,70

*D Large pulley diameter
d Small pulley diameter
CC Centre to centre distance

Belt length	Correction factor				8V	Z	A	B	C	D
	SPZ	SPA	SPB	SPC	8V-XP	ZX	AX	BX	CX	
	XPZ	XPB	XPB	XPB						
	3V	5V								
	3V-XP	5V-XP								
	3VX	5VX								
mm	—									
400	0,50					0,87	0,68			
475	0,65					0,90	0,74	0,64		
530	0,74					0,93	0,78	0,70		
630	0,82	0,77				0,96	0,81	0,76		
710	0,84	0,79				0,99	0,83	0,78		
900	0,88	0,83	0,76			1,05	0,87	0,82	0,73	
1 000	0,90	0,85	0,78			1,06	0,89	0,84	0,76	
1 120	0,93	0,87	0,80			1,08	0,91	0,86	0,78	
1 250	0,95	0,89	0,82			1,11	0,93	0,88	0,80	
1 400	0,96	0,91	0,84	0,70		1,14	0,96	0,90	0,82	
1 600	1,00	0,93	0,86	0,74		1,17	0,99	0,93	0,84	
1 800	1,01	0,95	0,88	0,77		1,22	1,01	0,95	0,86	
2 000	1,02	0,96	0,90	0,80	0,78	1,25	1,03	0,98	0,88	0,78
2 240	1,05	0,98	0,92	0,83	0,80	1,28	1,06	1,00	0,91	0,80
2 500	1,07	1,00	0,94	0,86	0,80	1,29	1,09	1,03	0,93	0,82
2 800	1,09	1,02	0,96	0,88	0,82	1,29	1,11	1,05	0,95	0,84
3 150	1,11	1,04	0,98	0,90	0,84		1,13	1,07	0,97	0,86
3 550	1,13	1,06	1,00	0,92	0,86		1,15	1,09	0,99	0,88
4 000	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89		1,17	1,13	1,02	0,91
4 500	1,13	1,09	1,04	0,96	0,91		1,17	1,15	1,04	0,93
5 000		1,09	1,06	0,98	0,94		1,17	1,18	1,07	0,96
5 600		1,09	1,08	1,00	0,96		1,17	1,20	1,09	0,98
6 300			1,10	1,02	0,99		1,17	1,23	1,12	1,01
7 100			1,12	1,04	1,02			1,23	1,15	1,04
8 000			1,14	1,06	1,04			1,23	1,18	1,06
9 000			1,14	1,08	1,07			1,23	1,21	1,09
10 000			1,14	1,10	1,09			1,23	1,23	1,11
11 200				1,12	1,12				1,23	1,14
12 500				1,14	1,15				1,23	1,17

Joonis 3.4 Tabelis on kujutatud parandustegurid rihma ülekantava võimsuse arvutamiseks sõltuvalt rihma haardenurgast ja rihma pikkusest. [4]

Määran rihmade arv kasutades valemit 3.13.

$$N \geq \frac{P_d}{P_r} = \frac{15,62}{5,83} \geq 2,68 = 3 \text{ rihma}, \quad (3.13)$$

kus N – rihmade arv;
 P_d – mootori koormusest sõltuv võimsus kW;
 P_r – rihma ülekantav võimsus kW.

Leian rihma pikkuse maksimaalse telgede vahe korral kasutades valemit 3.9.

$$\begin{aligned} L_d &\leq 2 \cdot CCp_{max} + 1,57 \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot CCp_{max}} \leq \\ &\leq 2 \cdot 530 + 1,57 \cdot (190 + 75) + \frac{(190 - 75)^2}{4 \cdot 530} \leq 1482 \text{ mm} \end{aligned}$$

Valin SKF rihmakataloogist lähima standardpikkusega rihma, milleks on 1420 mm.

Leian rihmarataste telgede vahe standardpikkusega rihma korral kasutades valemit 3.10.

$$\begin{aligned} CC &= \frac{2 \cdot L_d - \pi \cdot (D - d) + \sqrt{(2 \cdot L_d - \pi \cdot (D - d))^2 - 8 \cdot (D - d)^2}}{8} \\ &= \frac{2 \cdot 1420 - \pi \cdot (190 - 75) + \sqrt{(2 \cdot 1420 - \pi \cdot (190 - 75))^2 - 8 \cdot (190 - 75)^2}}{8} \\ &= 607 \text{ mm} \end{aligned}$$

Määran rihma tavalise nominaalvõimsuse kasutades tabelit joonisel 3.3 ja valemit 3.11.

$$P_b = 6,15 + 0,90 = 7,05 \text{ kW}$$

Leian rihma ülekantava võimsuse, kasutades tabeleid joonisel 3.4 ja valemit 3.12.

$$P_r = P_b \cdot C_3 \cdot C_1 = 7,05 \cdot 0,97 \cdot 1 = 6,83 \text{ kW}$$

Määran rihmade arv kasutades valemit 3.13. [4]

$$N \geq \frac{P_d}{P_b} = \frac{15,62}{6,83} \geq 2,28 = 3 \text{ rihma}$$

Arvutustest selgus, et rihmarataste telgede vahest ei sõltu rihmade arv, seega valin rihma pikkusega 812 mm. Väiksema telgede vahe korral muutub saeraami konstruktsioon kompaktsemaks ja odavamaks.

Leian minimaalse rihmarataste telgede vahe, mis on vajalik rihma ära võtmiseks ja peale panekuks kasutades valemit 3.14 ja tabelit joonisel 3.5. [4]

$$Cc_{min} = CC - MIA = 310 - 15 = 295 \text{ mm} \quad (3.14)$$

Table 10a

Single V-belts

Datum length	Minimum take-up allowance for tensioning	Minimum installation allowance – for fitting				D	XPZ 3VX SPZ SPZ-XP 3V 3V-XP	XPA SPA SPA-XP	XPB 5VX SPB SPB-XP 5V 5V-XP	XPC SPC SPC-XP	8V 8V-XP
	mm	Z ZX	A AX	B BX	C CX						
400–1 199	25	15	20	25	40	–	15	20	–	–	–
1 200–2 099	35	20	20	30	40	50	20	25	25	–	–
2 100–2 799	40	20	25	30	40	50	20	25	25	35	40
2 800–3 399	45	–	25	30	40	50	20	25	25	35	40
3 400–4 399	55	–	25	30	50	55	20	25	25	35	40
4 400–5 399	65	–	25	40	50	60	–	25	25	35	45
5 400–6 399	85	–	25	40	50	60	–	–	35	40	45
6 400–7 799	95	–	–	40	50	65	–	–	35	40	45
7 800–9 999	110	–	–	40	50	65	–	–	35	40	50
10 000–	130	–	–	40	50	65	–	–	45	50	50

Joonis 3.5 Tabelis on kujutatud tolerantsid rihma paigaldamiseks ja pingutamiseks.

Leian maksimaalse rihmarataste telgede vahe, mis on vajalik rihma pingutamiseks kasutades valemit 3.15 ja tabelit joonisel 3.5. [4]

$$Cc_{max} = CC - MTA = 310 + 25 = 335 \text{ mm} \quad (3.15)$$

Leian rihma kiiruse kasutades valemit 3.16. [4]

$$v = \frac{\omega \cdot D \cdot \pi}{60} = \frac{2930 \cdot 0,19 \cdot \pi}{60} = 29,15 \text{ m/s}, \quad (3.16)$$

kus v – rihma kiirus m/s;
 ω – mootori pöörete arv;
 D – vedava rihmaratta läbimõõt m.

Leian rihma pinget kasutatud rihma korral kasutades valemit 3.17. [4]

$$T_{used} = 510 \cdot \frac{(2,2 - C_3) \cdot P_d}{C_3 \cdot N \cdot v} + \frac{M \cdot v^2}{1,11} = 510 \cdot \frac{(2,2 - 0,97) \cdot 15,62}{0,97 \cdot 3 \cdot 29,15} + \frac{0,076 \cdot 29,15^2}{1,11} \\ = 173,69 \text{ N}, \quad (3.17)$$

kus P_d – rihma võimsus sõltuvalt koormusest kW;
 v – rihma kiirus m/s;
 N – rihmade arv;
 C_3 – rihma ülekantava võimsuse parandustegur sõltuvalt rihma haardenurgast;
 M – rihma mass kg/m.

Leian rihma pinget uue rihma korral kasutades valemit 3.18. [4]

$$T_{new} = 1,5 \cdot T_{used} = 1,5 \cdot 173,69 = 260,54 \text{ N} \quad (3.18)$$

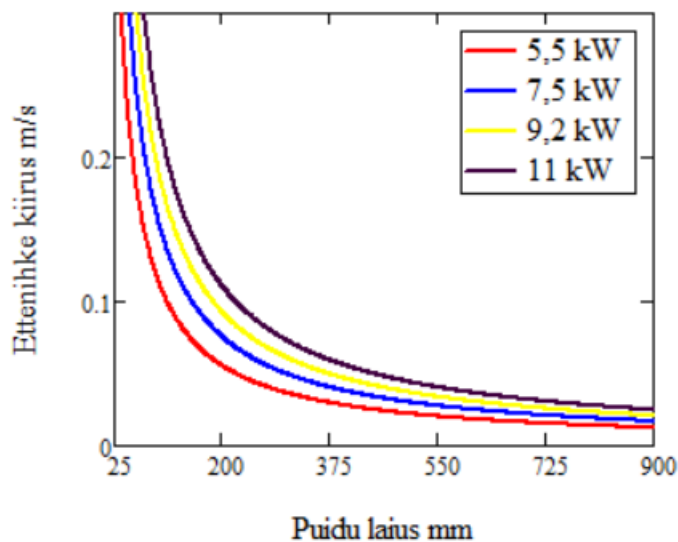
3.4 Ettenihke kiiruse arvutamine

Ettenihe on saeraami juures üks olulisemaid komponente kuna sellest sõltub lõikamise kvaliteet, saeraami tootlikus ja koormus. Liiga suur ettenihke kiirus, mis ei ole kooskõlas mootori võimsusega võib põhjustada mootori ülekuumenemist. Liiga väike ettenihke kiirus, kus mootori kogu võimsus pole rakendatud, vähendab jällegi tootlikust. Ülevaade ettenihke

kiirustest erinevate mootori võimsuste korral sõltuvalt puidu laiusest on kujutatud joonisel 3.6. Graafiku koostamisel joonisel 3.6 kasutasin valemit 3.19. [6]

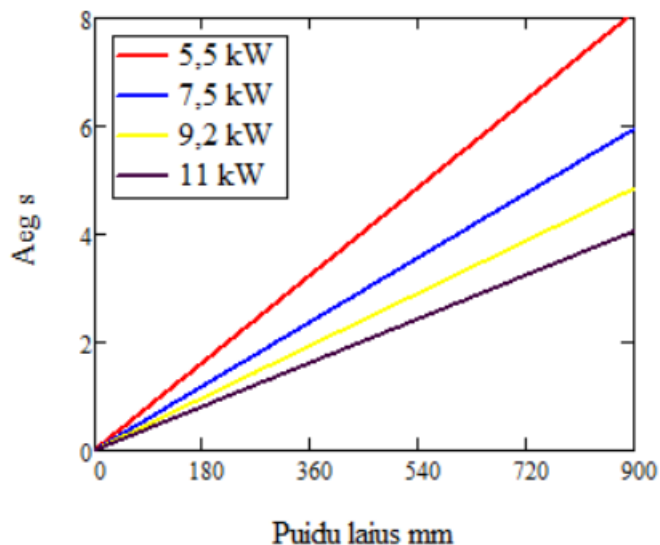
$$P_{mootor} = 1,5 \cdot k \cdot b \cdot h \cdot v \rightarrow v = \frac{P_{mootor}}{1,5 \cdot k \cdot b \cdot h}, \quad (3.19)$$

kus	k	–	kuiva männi lõikamisel tehtav töö $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ [7];
	v	–	ettenihke kiirus m/s ;
	b	–	saeketi laius mm ;
	h	–	lõigatava puidu laius mm ;
	P_{mootor}	–	mootori võimsus kW .



Joonis 3.6 Ettenihke kiirus sõltuvalt lõigatava puidu laiusest ja mootori võimsusest

Parema ülevaate andmiseks ettenihke kiiruse mõjust, koostan graafiku, mis võrdleb 6 meetrise palgi lõikamiseks kuluvat aega sõltuvalt lõike laiusest ja ettenihke kiirusest erinevate mootori võimsuste korral. Graafik on kujutatud joonisel 3.7. Graafiku koostamisel kasutasin valemit 3.19.



Joonis 3.7 Kuue meetri pikkuse palgi lõikamiseks kuluv aeg sõltuvalt puidu laiusest ja mootori võimsusest.

Tulemustest joonisel 3.6 ja 3.7 selgub, et nii mitu korda erineb mootori võimsus, erineb ka saeraami tootlikus.

Leian saeraami maksimaalse ettenihke kiiruse puidu lõikamisel kasutades valemit 3.20. [8]

$$\delta = \frac{V_F}{V_C} \cdot P \cdot S \rightarrow V_F = \frac{V_C \cdot \delta}{P \cdot S} = \frac{28,28 \cdot 0,65}{9,525 \cdot 8} = 0,24 \text{ m/s}, \quad (3.20)$$

kus

δ	–	saeketi lõikesügavus mm;
V_F	–	ettenihke kiirus m/s;
V_C	–	saeketi joonkiirus m/s;
S	–	kahe lõiketera vahel olevate needivahede arv;
P	–	saeketi samm.

Saadud maksimaalsest ettenihkest suurema kasutamine halvendab lõike kvaliteeti ja võib põhjustada mootori ülekuumenemist.

3.5 Arvutused ettenihke mehhanismi konstrueerimiseks

Ettenihke mehhanismi konstrueerimiseks on mul vaja esiteks leida vankri veerehõõrdejõud, mille leidmiseks kasutan valemit 3.21. [10]

$$F_F = \frac{f \cdot F_N}{r} = \frac{f \cdot m \cdot g}{r} = \frac{0,5 \cdot 150 \cdot 9,8}{37,5} = 19,6 \text{ N}, \quad (3.21)$$

kus f – veerehõõrdetegur mm;
 m – vankri ligikaudne kaal kg;
 g – raskuskiirendus $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$;
 F_N – normaaljõud N;
 r – ratta raadius.

Leian saeketi lõikejõu, kasutades valemit 3.22. [6]

$$F = \frac{P}{V_C} = \frac{11000}{28,28} = 389 \text{ N}, \quad (3.22)$$

kus P – mootori võimsus W;
 V_C – saeketi joonkiirus m/s.

Arvestades, et ettenihkest tulenev jõud on saeketi lõikejõust umbes kaks korda väiksem, valin puidu vastupanu jõuks 200 N. [8]

Leian summaarse jõu vankri vedamiseks palgi lõikamise hetkel.

$$F_{sum} = F_F + F = 19,6 + 200 = 219,6 \approx 220 \text{ N}$$

Võttes arvesse saeketi nürinemist ja rööbastele lenduvat saepuru, on vaja vankril ületada kasvav survejõud. Kasvava survejõu ületamiseks on vaja ettenihkel kasutada suurema võimsusega mootorit. Mootori valikul võtan arvesse 3 kordse jõu varu, võttes arvesse vankri vedamiseks kuluvat jõudu.

Leian mootori nõutava võimsuse, kasutades valemit 3.23.

$$P = 3 \cdot F \cdot v = 3 \cdot 0,22 \cdot 0,24 = 0,16 \text{ kW} \quad (3.23)$$

Arvestades mootorite võlli diameetreid ja hammasrataste standard suuruseid, sobib plaanitavale ülekandele hammasratas, mille jaotusringi suurus on 32 mm. Mootoriks valin 0,25 kW võimsusega mootori, mille pöörlemiskiirus on 900 pöört minutis.

3.6 Sagedusmuunduri töösageduse määramine

Et oleks võimalik ettenihke kiirust vastavalt lõigatava puidu laiusele muuta, on vaja muuta mootori pöörete arvu. Mootori pöörete arvu muutmiseks on vaja kasutada sagedusmuundurit.

Sagedusmuunduri sageduse määramiseks sõltuvalt ettenihke kiirusest kasutan valemeid 3.24 ja 3.25. [10]

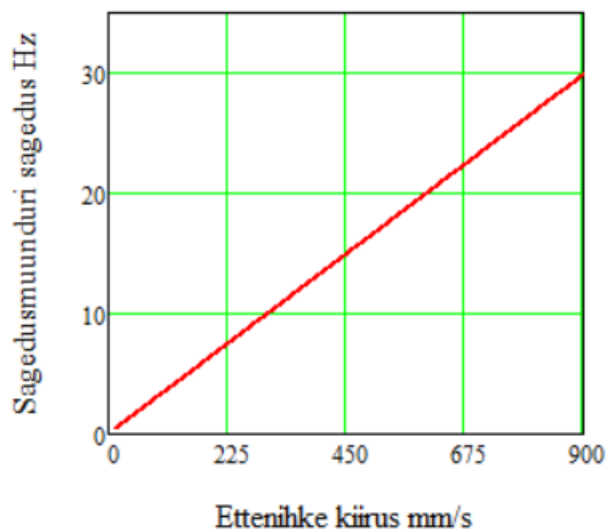
$$v = n \cdot \pi \cdot d \rightarrow n = \frac{v}{\pi \cdot d}, \quad (3.24)$$

kus	n	–	mootori pöörete arv;
	v	–	ettenihke kiirus m/s;
	d	–	hammasratta jaotusringi läbimõõt mm.

$$n = \frac{\omega \cdot \frac{50}{f}}{60}, \quad (3.25)$$

kus	ω	–	mootori pöörlemiskiirus l/min;
	f	–	mootori töötamissagedus Hz;
	n	–	mootori pöörete arv.

Koostan graafiku sagedusmuunduri määratavast sagedusest sõltuvalt ettenihke kiirusest, kasutades valemeid 3.24 ja 3.25.



Joonis 3.8 Sagedusmuunduriga määratav mootori sagedus sõltuvalt ettenihke kiirusest.

3.7 Sagedusmuunduri valik

Sagedusmuundur valikul lähtus autor ettenihke mootori võimsusest ja asjaolust, kuidas on sagedusmuunduril lahendatud sageduse muutmise ja reverseerimise. Autor otsustas saeraamil kasutada PowerFlex4 sagedusmuundurit, mille sagedus on sujuvalt muudetav läbi välise potentsiomeetri ja reverseerimine käib nupuvajutusega. Antud sagedusmuundur on kujutatud joonisel 4.4.



Joonis 4.4 Sagedusmuundur PowerFlex4, 0.4kW 1.4A 3x480V, abik 3A 30VDC/240VAC, RS485, size A, Allen-Bradley.

3.8 Saeraami konstruktsioon

Saeraami konstruktsioon on plaanis ehitada lõigatud ja painutatud lehtmetailidest.

Lehtmetailidest painutatud detailide kasuks räägib asjaolu, et raami kooste täpsus on kergemini saavutatav kui raami keevitamisel. Lisaks ei ole vaja saeraami transportimiseks suurt masinat, kuna saeraam on lihtsalt monteeritav.

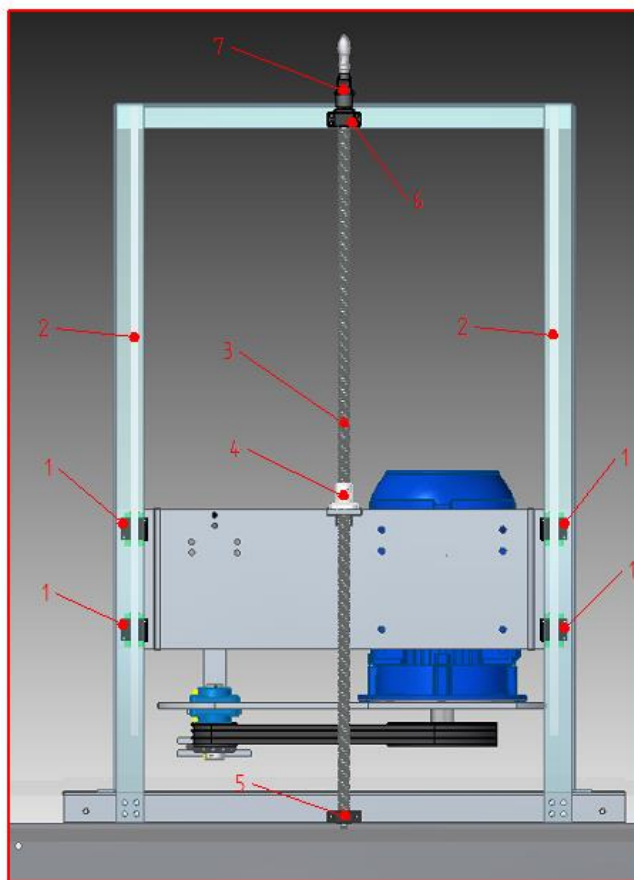
Lisaks vähenevad ka saeraami tootmiseks kaasnevad kulud, saeraami saab toota vastavalt tellimusele, ja saeraami kokkumonteerimiseks piisab ühest inimesest. Kõik saeraami osad on tellitavad poest või lastakse teha mõnel ettevõttel.

4. TEHNILISED LAHENDUSED JA OHUTUS

4.1 Saepea tõstmine ja langetamine

Saepea tõstmiseks ja langetamiseks otsustas autor kasutada lineaarjuhikuid ja kuulkruvi. Lineaarjuhikud ja kuulkruvi muudavad saepea tõstmise kergemaks võrreldes kruviga millel on trapetskeere. Saepea skeem asub lisas 1.

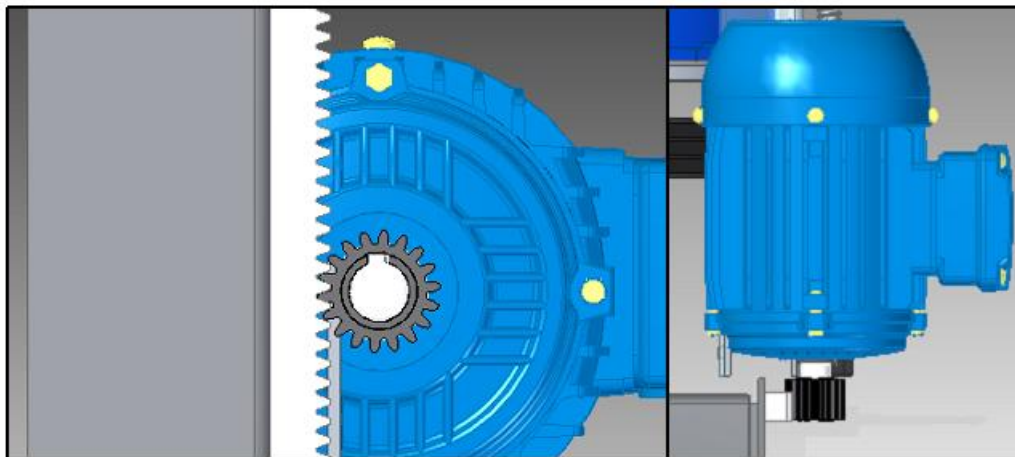
Saepea tõstemehhanism on kujutatud joonisel 4.1.



Joonis 4.1 Illustratsioon saepea tõstemehhanismist. 1 – lineaarlaager, 2 – lineaarjuht, 3 – kuulkruvi, 4 – kuulkruvi mutter, 5 – kuulkruvi alumine tugi, 6 – kuulkruvi ülemine tugi, 7 – käsivänt.

4.2 Ettenihke

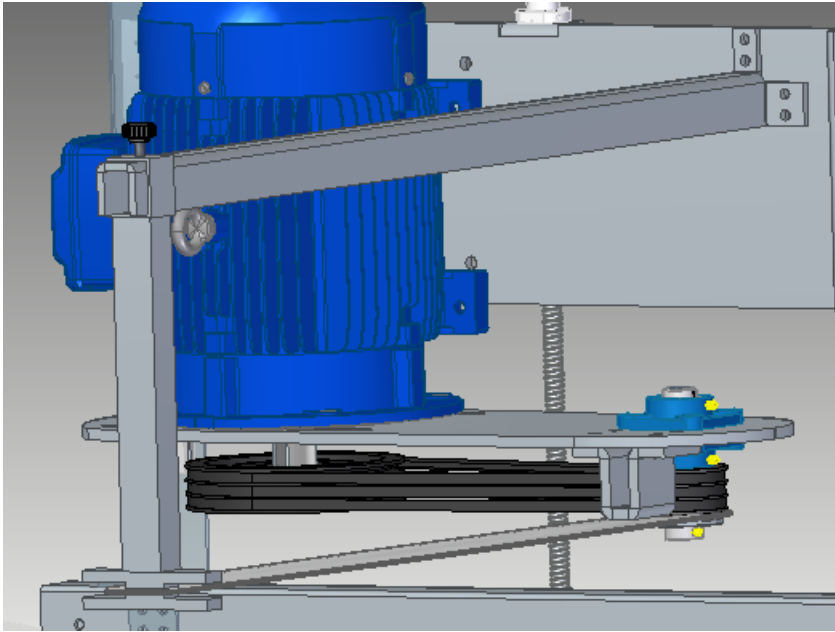
Automaatse ettenihke saavutamiseks otsustas autor kettülekanne asemel kasutada hammaslatt ülekannet, kuna puidu lõikamisel tekkivad pinnud ja puukoore tükid võivad ülekannet kahjustada. Ettenihke mehhanism on kujutatud joonisel 4.2.



Joonis 4.2 Illustratsioon plaanitavast ettenihke mehhanismist.

4.3 Juhtplaadi tugi

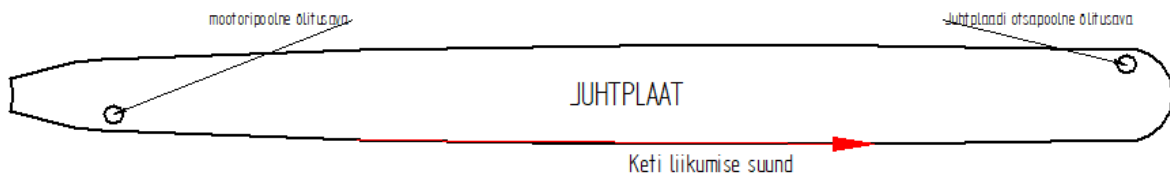
Juhtplaadi toe eesmärk on lisada juhtplaadile jäikust, et juhtplaat ei painduks ja lõiketeest kõrvale ei kalduks.. Projekteeritava saeraami juhtplaadi tugi on paigaldatud lõikepea tõstmise mehhanismi külge, et, puuduks toe reguleerimine peale igat laua lõikust. Toe kaugus on reguleeritav, et oleks võimalik kasutada erineva pikkusega juhtplaate. Juhtplaadi tugi on kujutatud joonisel 4.3.



Joonis 4.3 Illustratsioon plaanitavast juhtplaadi toest.

4.4 Keti õlitus

Tavaliselt on keti õlitusava ainult mootori poolses otsas, mis ei suuda tagada piisavat keti õlitust, kuna põhiline juhtplaadi pool, millega lõigatakse, on õlitusava vastas. Projekteeritaval saeraamil on õlitusava juhtplaadi mõlemas otsas, mis võimaldab kasutada vajadusel mõlemat ava, aga on ka võimalik kasutada ühte ava, olenevalt sellest, mis suunas hetkel toimub saeraamiga lõikamine. Skeem juhtplaadi õlitusest on kujutatud joonisel 4.4.



Joonis 4.4 Juhtplaadi õlituse skeem.

4.5 Saeraami ohutus

Eesti Vabariigi Toodete nõuetele vastavuse seaduses on öeldud, et toodet, mis ei ole ohutu, ei või turule lasta ega kasutusele võtta (peatükk 2, jagu 1, § 5, punkt 1). Samas peatükis on öeldud ka, et toode on ohutu, kui see mõistlikel kasutustingimustel, arvestades kasutusiga ning asjakohastel juhtudel kasutuselevõtu-, paigaldus- ja hooldusnõuete järgimist, tagab inimese ohutuse ja tervise kaitse ega ohusta ümbritsevat keskkonda (peatükk 2, jagu 1, § 5, punkt 1). [12] Lähtudes antud punktidest ja, et saeraami kõige ohtlikum osa on 28,28 m/s liikuv saekett, arvab autor, et täiendavaid ohutusnõudeid kasutusele võtma ei pea.

Saeketi purunemise ja maha jooksmise korral tagab saeraami operaatori ohutuse juhtplaadi tugi.

4.6 Saeraami ergonoomilisus.

Saeraami tõstemehhanismi projekteerimisel on kasutatud lineaarlaagreid ja kuulkruvi, mis muudavad saepea tõstmise ja langetamise saeraami operaatorile võimalikult lihtsaks. Käsivant saepea tõstmiseks asub rinna kõrgusel, mis tagab saepea tõstmisel ja langetamisel inimese loomuliku asendi.

Antud saeraam on varustatud automaatse ettenihkega, puudub saeraami lükkamise vajadus, mis säästab saeraami operaatori jõudu ja energiat.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö käigus koostati eskiisprojekt automatiseeritud ettenihkega kettsaeraami projekteerimiseks. Eskiisprojekti koostamine osutus üldkokkuvõttes edukaks.

Lõputöö käigus teostati arvutused suurendatud keti joonkiirusega saeraami tootmiseks, et uurida vaja minevate komponentide mõõtmeid ja parameetreid. Arvutuste käigus selgus, et saeraami ülekanne suurendatud saeketi joonkiiruse saavutamiseks ei nõua teistsuguseid tehnilisi lahendusi võrreldes turul müüdavate saeraamidega.

Antud lõputöö andis põhjaliku ülevaate saeraami ettenihke kiirusest sõltuvalt lõigatava puidu laiusest ja mootori võimsusest. Selgus, et ettenihke kiiruse ja mootori vahel on lineaarne seos, nii mitu korda suureneb mootori võimsus, suureneb ka ettenihke kiirus.

Asjaolu, et saeraami projekteerimisel kasutatakse standard tooteid ja lehtmetallist lõigatud ja painutatud tooteid, annab võimaluse toota antud saeraami ilma tööjõudu kasutamata vastavalt tellimustele.

Autor arvab, et antud saeraami eskiisprojekti põhjal valmib kunagi ka valmis toode, ja loodab et saeraami projekteerimisel tehtud komponentide valik õigustab ennast ka praktikas.

SUMMARY

During this bachelor thesis was made design of chainsaw mill with automated feed. This project turned out to be generally successful.

Calculations were made during this graduation thesis for production of increased line speed chainsaw mill to find out required components and their parameters. Calculations showed that increased line speed chainsaw mill transmission does not need different technical solutions than current market offer.

Graduation thesis gave good overview of chainsaw line speed cutting dependence on cuttable wood width and engine power.

Fact, that designing this chainsaw mill from standard products, cut sheet and bent products gives chance to produce this chainsaw mill according to orders without using lots of labor force.

The author thinks based on this rough project will be made an actual useable product and hopes that components used on this chainsaw mill project will justify themselves in practice also.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Pilostav. (s.a). [Veebileht]. Kättesaadav: <https://pilostav.ru/elektricheskie-piloramy/>. [Kasutatud: 22.05.2018]
2. Logosol (s.a). [Veebileht]. Kättesaadav: <https://ee.logosol.com/>. [Kasutatud: 22.05.2018]
3. Husqvarna (s.a). [Veebileht]. Kättesaadav: <https://www.husqvarna.com/ee/tooted/kettsaed/572-xp/966733116/>. [Kasutatud: 22.05.2018]
4. SKF Power Transmission belts Catalogue PUB PT/P1 06875/3 EN. April 2016.
5. Varson rihmarataste kataloog (s.a). V-Belt pulleys for taper bushes.
6. T, Kuvik, J. Krilek, J. Kováč, M. Štefánek. (2017). Impact of the selected factors on the cutting force when using a chainsaw. Wood Research 62(5), 807-814.
7. Bruce F. Lehmann. Tools for Designing Bandsaws: Load Index and Fatigue Index. (s.a).
8. A. Otto, J. Parmigiani. (2015). Saw Chain Cutting. BioResources 10(4), 7273-7291.
9. Elektrimootorid OÜ (s.a). [Veebileht]. Kättesaadav: <http://www.elektrimootorid.ee/images/132.pdf>. [Kasutatud: 22.05.2018]
10. U. Fischer, M. Heinzler, F. Näher, H. Paetzold, R. Gomeringer, R. Kilgus, S. Oesterle ja A. Stephan, Mechanical and Metal Trades Handbook, GmbH&Co, Haan-Gruiten, 2008.
11. Elit veebipood. (s.a) [Veebileht]. Kättesaadav: <https://www.elit.ee/et/shelf.do?cmd=iv&pid=22A-D1P4N104>. [Kasutatud: 24.05.2018]
12. Toote nõuetele vastavuse seadus. (vastu võetud 20.05.2010, jõustunud 01.10.2010)

**Lihthitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Martin Lond,
(sünniaeg: 18/10/1993)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihthitsentsi) enda loodud lõputöö

Automatiseeritud ettenihkega kettsaeraami eskiisprojekt,

mille juhendaja on dotsent Alexander Liyvapuu PhD,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihthitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 25.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

LISAD

Lisa 1. Tehnilised joonised.